HOW WORKPLACE CHEMICALS ENTER THE BODY

David M. Halton Ph.D.
Project Scientist
Material Hazards

Canadian Centre for Occupational Health and Safety

250 Main Street East
Hamilton Ontario Canada
L8N 1H6

September 1985

P85-6E

HOW WORKPLACE CHEMICALS ENTER THE BODY

CCOHS NUMBER P85-6E

ISBN 0-660-11952-8

DSS CATALOGUE NUMBER CC273-2/85-6E

This publication is available
in both official languages.

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

While the Centre endeavours to ensure the accuracy and completeness of information provided, it is understood that the Centre makes no warranty as to the accuracy or completeness of such information and assumes no liability for any damages or loss suffered as a result of any inaccuracy or incompleteness therein.

Published 1985

Additional copies available upon request.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

CONTENTS

		Page
	INTRODUCTION - THE FOUR ROUTES	1
I.	**THE RESPIRATORY SYSTEM (BREATHING)**	2
	A. Source and Form of the Chemicals	2
	Gases and Vapours	2
	Mists	2
	Dusts, Fumes and Smoke	2
	B. Entry into the Body	2
	C. Protection	4
II.	**THE SKIN**	4
	A. Source and Form of the Chemicals	4
	B. Entry into the Body	5
	C. Protection	6
III.	**THE DIGESTIVE SYSTEM (EATING)**	6
	A. Source and Form of the Chemicals	6
	B. Entry into the Body	6
	C. Protection	7
IV.	**THE EYE**	7
	A. Source and Form of the Chemicals	7
	B. Entry into the Body	7
	C. Protection	8
V.	**SUMMARY**	8
VI.	**REFERENCES**	9

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

INTRODUCTION - THE FOUR ROUTES

No workplace chemical can cause any poisonous effect without first entering the body. There are four main ways in which this entry may occur; they are inhalation (breathing), skin contact, through the digestive system (eating) and eye contact. Most workplace chemicals have the potential to be dispersed into the air where they are inhaled, and many people in a workplace can be exposed this way. Skin contact exposes fewer people than inhalation because not everyone in a plant handles chemicals and not all chemicals can enter the body through the skin. Entry of workplace chemicals through the digestive system or through the eye is less common.

In all four routes of entry, chemicals can cross into the blood stream and be subsequently distributed anywhere in the body. In this way, they can attack and harm organs which are distant from the original point of entry. They may also cause damage at the site of entry.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

I. THE RESPIRATORY SYSTEM (BREATHING)

A. SOURCE AND FORM OF THE CHEMICALS

Gases and Vapours. Workplace chemicals can enter the air in a number of different ways. Simple evaporation is probably the most common way. Organic solvents, such as toluene, MEK or alcohols, generally evaporate more rapidly than water, acids or caustics, though this is not always the case. Evaporation produces vapours. Vapours are formed from substances that exist as solids or liquids under normal temperature and pressure conditions. Substances that do not exist as solids or liquids at normal temperatures and pressures are called gases. Gases as well as vapours can contaminate the workplace air.

Mists. In some instances, an industrial process might produce tiny liquid droplets that are able to float in the air. These droplets are called mists. Mists are formed by gases that condense into small liquid droplets in the air. Alternatively, mists may form by breaking up, splashing or atomizing a liquid. Examples include acid mists from electroplating, oil mists from cutting and grinding, or paint spray mists from painting operations.

Dusts, Fumes and Smoke. Other workplace processes can generate tiny solid particles which are light enough to float in the air, and these are referred to as dusts, fumes and smoke. Dusts are solid particles often generated by some mechanical or abrasive activity. They are usually heavy enough to settle slowly to the ground. Fumes are solid particles formed when a heated metal has evaporated in the air and then condensed back to a solid form. This occurs in welding operations. Fumes are minute and can remain airborne. Smoke is carbon or soot from burning. Smoke particles can settle or remain airborne depending on their size.

All these different chemical forms can contaminate the workplace air.

B. ENTRY INTO THE BODY

Contaminated air in the workplace can be inhaled. The air is drawn through the mouth and nose and then into the lungs. An average person will breathe in and out about 12 times a minute. Each of the 12 inhalations brings in about 500 ml of air, corresponding to 6 litres of air per minute, together with any contaminants that the air contains. People involved in hard physical work will breathe harder and take in more than 6 litres a minute. Over an 8-hour working day, more than 2,800 litres of air will be breathed in and out of the lungs. In conditions of hard physical work, up to 10,000 litres may be exchanged.

Air breathed in through the nose (figure 1) is filtered by the nasal hairs so that large, solid particles in the atmosphere are prevented from going any further. Inside the nose there are small bones and cartilages that cause the inhaled air to swirl around. This swirling air can cause some large contaminating particles to be deposited in the nose and trapped by the moisture of the mucus lining.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

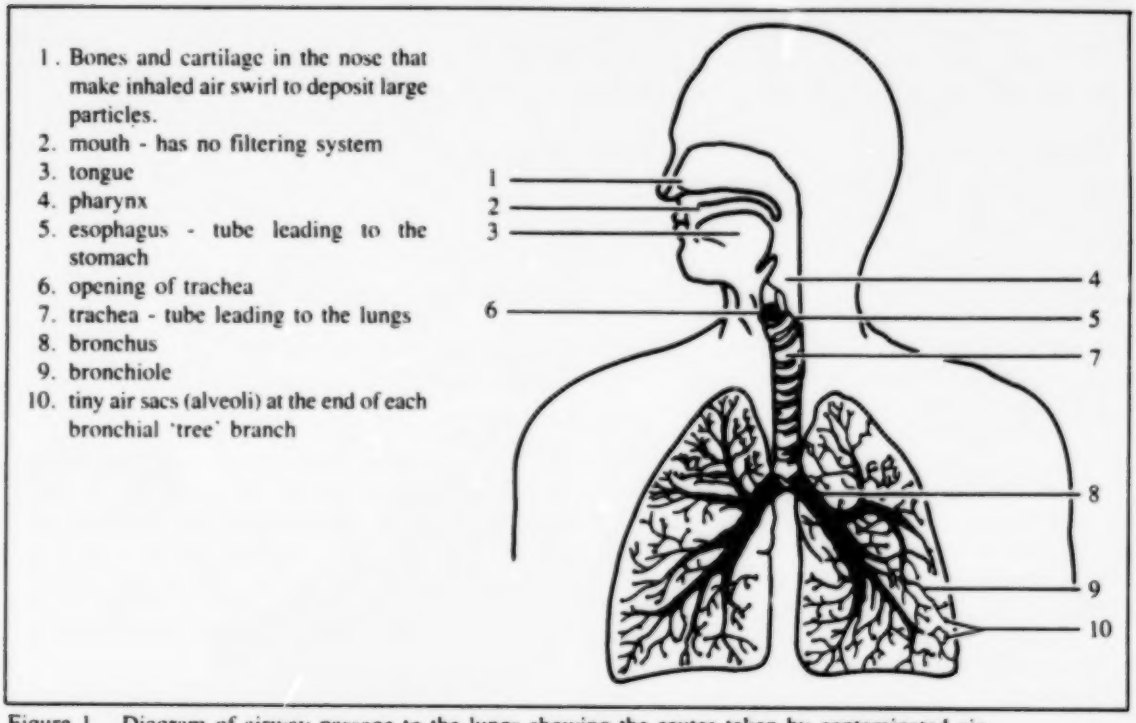


Figure 1. Diagram of airway passage to the lungs showing the routes taken by contaminated air.

Air coming in from the nose and the mouth reaches the back of the throat and enters an area known as the pharynx (figure 1). The pharynx, which is the entrance to the airways, divides into two tubes, one called the esophagus, which carries food to the stomach, and one called the trachea, which leads down towards the lungs. Contaminated air passes into the trachea which itself divides into two large tubes, each called a bronchus. Each bronchus enters a lung. Once inside its lung, each bronchus starts to branch. The tubes of the bronchus get thinner and thinner as they spread, rather like the branches of a tree. Eventually, the tiniest tubes, which are called bronchioles, end in thin-walled air sacs. Each of these sacs is called an alveolus. Collectively, they are called alveoli and there are many thousands of these in each lung (figure 2). The walls of the alveoli are very thin and are richly supplied with tiny blood vessels (capillaries). Waste carbon dioxide from the body, carried in the blood inside the veins, can pass out of the veins through the walls of the alveoli to become a part of the air which is exhaled.

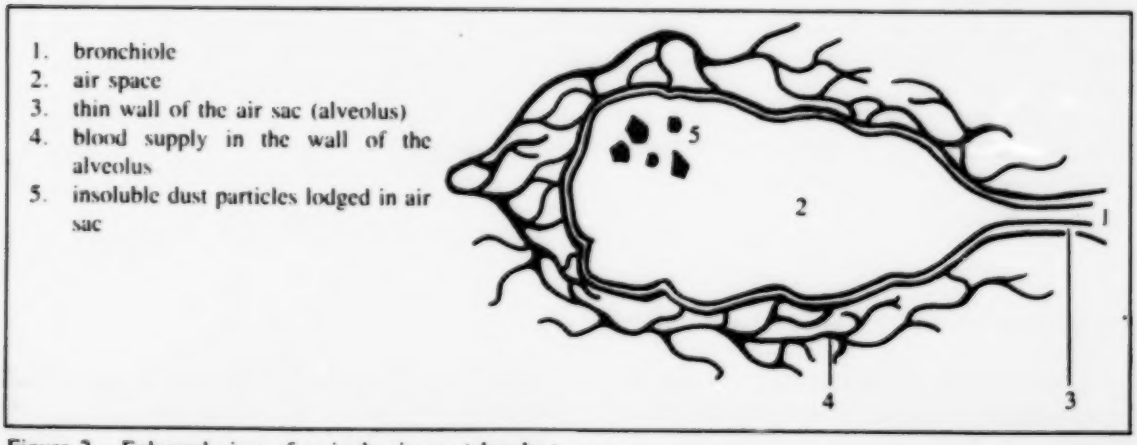


Figure 2. Enlarged view of a single air sac (alveolus).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Oxygen in the inhaled breath crosses the alveolar walls to enter the blood within the capillaries. Once oxygen has become attached to the blood inside the veins, it is then distributed throughout the body. Chemical vapours, gases and mists which reach the alveoli in the lungs can also pass into the blood and be distributed around the body.

Sometimes, the concentration of chemicals reaching the alveolar air sacs is lower than in the workplace air. This is because the airways contain a lining of sticky, thick fluid called mucus. Tiny hairs, known as cilia, on the inside of the tubes constantly carry this mucus upwards towards the back of the throat. In some instances, a portion of the gases, vapours and mists may be dissolved in this mucus before they reach the alveolar sacs.

Solid, visible particles found in dusts, fumes and smoke that have escaped the filtering mechanisms of the nose may also be trapped by the mucus. The mucus is wafted by the tiny cilia hairs until it reaches the back of the throat where it is either expelled through the mouth or swallowed and passed to the stomach. In this latter case, the contaminating chemicals will enter the body in the same way as contaminated food or drink. This is dealt with in more detail in the section on the digestive system.

Much smaller particles (so small that they cannot be seen by the eye) may not be stopped by the mucus in the trachea and bronchiole tubes. They travel through the various branches of the airway and eventually reach the alveoli. Solid particles which cannot pass through the thin wall of the air sacs and may lodge and stay where they are. Some may dissolve, others may be attacked and destroyed by the scavenger cells of the body's defence system. Others may prove too big or too insoluble to be disposed of in this way and simply stay in the air sacs. Some of these particles, if they are present only in small quantities, do no apparent harm. Other types of dusts may damage the surrounding alveolar walls. The damage may be permanent and may cause scars to form, which eventually interfere with the lung's ability to pass oxygen into the blood stream.

Some acids, caustics or organic chemicals, when inhaled in sizable amounts, can cause serious and irreparable "burn" damage to the mouth, nose, trachea, bronchi and lungs.

C. PROTECTION

Ventilation acts by diluting contaminants or by removing them at the source. Appropriate ventilation at the source of a chemical emission, be it dust, fume, gas or other contaminant will greatly reduce the airborne emissions. Total enclosure of an industrial process may be required in some instances. Engineering controls that reduce the hazard at the source are preferred over personal protective equipment.

Personal protective devices, such as respirators, covering the nose and mouth help reduce the amount of chemicals inhaled. Gases, mists and vapours can be absorbed in special cartridge-type respirators. There are different cartridges which can be fitted to a respirator to absorb out different substances such as airborne acids, caustics and a variety of organic chemicals.

Dusts, smoke and fumes are filtered out by using an appropriate dust mask.

Air-supplied respirators which feed in air from another location or from "back-pack" cylinders can be used to avoid exposure to contaminated air. Such protection is appropriate for high concentrations of most toxic or suffocating (asphyxiating) gases.

II. THE SKIN

A. SOURCE AND FORM OF THE CHEMICALS

Chemicals which pass through the skin are nearly always in liquid form. Solid chemicals and gases or vapours do not generally pass through the skin unless they are first dissolved in moisture on the skin's surface.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

B. ENTRY INTO THE BODY

The skin is the second most common route by which occupational chemicals enter the body. It consists essentially of two layers, a thin, outermost layer called the epidermis and a much thicker underlayer called the dermis (figure 3). The epidermis consists of several layers of flat, rather tightly-packed cells which form a barrier against infections, water, and some chemicals. This barrier is the external part of the epidermis. It is called the keratin layer, and is largely responsible for resisting water entry into the body. It can also resist weak acids but is much less effective against organic and some inorganic chemicals. The keratin layer contains fat and fat-like substances which readily absorb chemicals which are solvents for fat, oil, and grease.

1. outer skin layer - epidermis (keratin fibre layer)
2. inner skin layer - dermis
3. hair
4. cut, scrape or area of disolved cells
5. sweat duct
6. sweat gland
7. hair shaft
8. blood supply

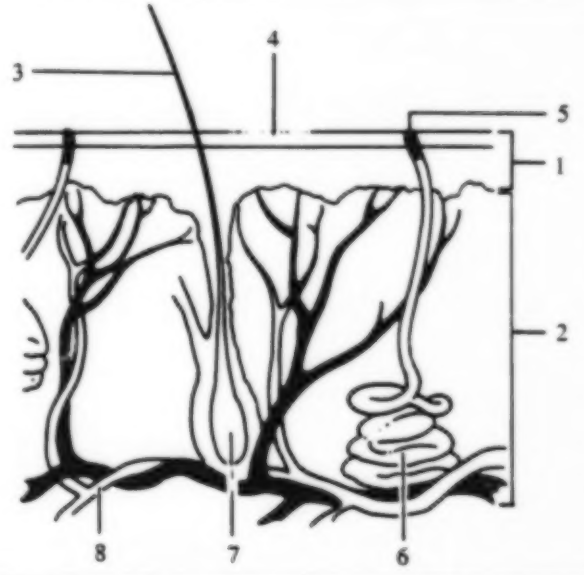


Figure 3. Layers of the skin to show how chemical solutions may penetrate and enter the blood.

Organic and caustic (alkaline) chemicals can soften the keratin cells and pass through this layer to the dermis, where they are able to enter the veins and hence the blood stream. Areas of the body such as the forearms, which may be particularly hairy, are most easily penetrated by chemicals since they can enter down the small duct containing the hair shaft. Chemicals can also enter through cuts, punctures or scrapes of the skin since these are breaks in the protective layer. Contact with some chemicals such as detergents or organic solvents can cause skin dryness and cracking. There can also be hives, ulcerations or skin flaking. All these conditions weaken the protective layer of the skin and may allow chemicals to enter the body.

Chemicals can vary enormously in the degree to which they penetrate the skin. Some solvents such as trichloroethylene, naphtha and toluene may soften the keratin layer but are not believed to penetrate much further unless there is prolonged skin contact. On the other hand, chemicals such as benzene, carbon tetrachloride, carbon disulfide and methyl alcohol can readily pass through the epidermis and subsequently enter the blood stream.

In some instances, chemicals may enter by accidental injection through the skin. This may occur in hospital settings or in industrial hole-punching or injection processes.

Once in the blood stream, the chemicals can be transported to any site or organ of the body where they may exert their effects.

Some chemicals are so corrosive they burn holes in the skin, allowing entry for infection or other chemicals.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

C. PROTECTION

Engineering controls which prevent skin contact are preferred.

Chemicals which are known to be absorbed through the skin and can cause ill health effects are indicated with the term "skin" in the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) TLV booklet (1). Certain types of oil or grease-based "barrier creams" are available to prevent or reduce the contact of some chemicals with the skin. Generally such creams are very limited in the protection that they afford. With some chemicals they offer no protection at all.

Appropriate clothing such as gloves, aprons, boots, and so on is often necessary for industrial processes that involve the handling of chemicals. With some chemicals, entire one-piece protective enclosure suits must be worn for certain operations. Clothing material which resists acids may be different from clothing which resists caustics or various types of organic solvents. Care should be taken to ensure the appropriate resistant material is used in the protective clothing worn (2).

III. THE DIGESTIVE SYSTEM (EATING)

A. SOURCE AND FORM OF THE CHEMICALS

All forms of chemicals, whether they exist as gases, vapours, mists, dusts, smoke or fumes, can enter the digestive system.

B. ENTRY INTO THE BODY

Chemicals can enter the stomach either by swallowing contaminated mucus which has been expelled from the lungs, or by eating and drinking contaminated food. Food and drink are most frequently contaminated by contact with unwashed hands, gloves or clothing, or by being left exposed in the workplace. Nail-biting and smoking also contribute.

Once inside the mouth, workplace chemicals pass down the esophagus and then into the stomach (figure 4). Food in the stomach is digested with a strong acid produced by the stomach. A few chemicals, such as alcohol, may pass across the stomach wall and enter the veins and the blood stream here, but most chemicals move from the stomach into a long, twisting tube known as the small intestine. The inside of the small intestine has many hundreds of tiny fingerlike projections called villi (figure 5). The villi have very thin walls and are filled with tiny blood vessels. This allows the digested food, to pass from the small intestine across the walls of the villi and enter the veins. The food is then carried around in the blood stream to the parts of the body that need it.

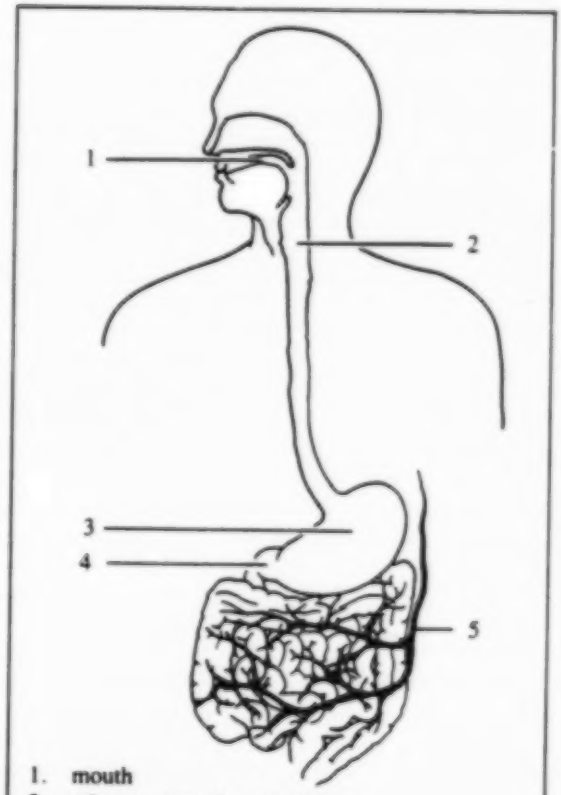


Figure 4. Diagram of digestive system to show how chemicals enter the blood stream.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

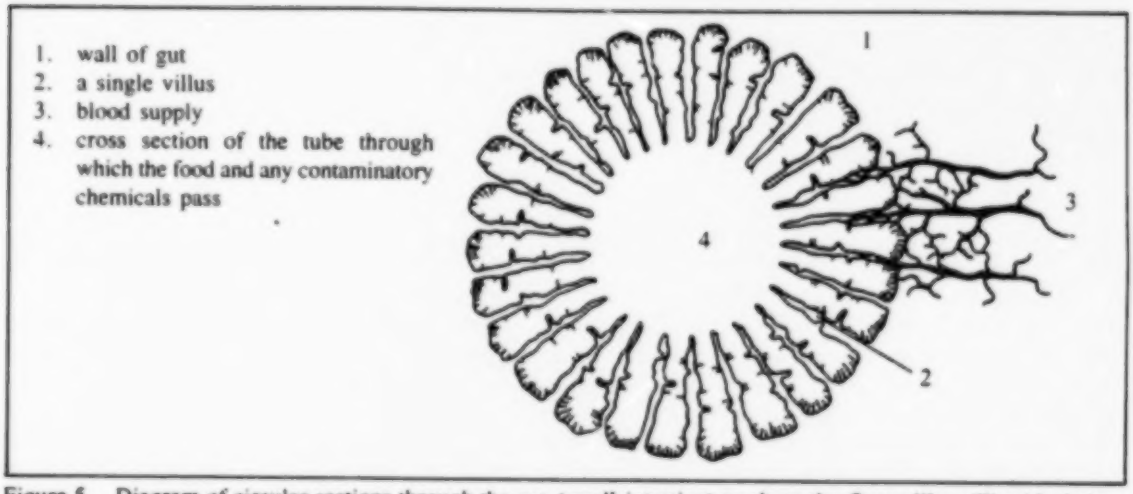


Figure 5. Diagram of circular sections through the gut (small intestine) to show the finger-like villi with their blood supply.

Some workplace chemicals which contaminate food or drink can also pass across the thin walls of the villi and into the blood stream in this manner. Other workplace chemicals, which are not soluble or whose basic units (molecules) are too big to pass across the villi walls, will stay in the gut and pass out through the feces without being absorbed into the blood stream to any extent.

Some acids, caustics and organics may cause severe "burn" damage to the digestive system if ingested in high concentrations.

C. PROTECTION

Appropriate facilities for eating should be available and separated from the workplace or any chance of workroom contamination. Eating, drinking or smoking on the job should be discouraged. Washing hands thoroughly after working and before eating is also important in preventing workplace chemicals from entering the body through the digestive system.

IV. THE EYE

A. SOURCE AND FORM OF THE CHEMICALS

Any chemical, whether in the form of a liquid, dust, vapor, gas, aerosol or mist, can contact and enter the eye.

B. ENTRY INTO THE BODY

Although eye splashes or eye contamination by workplace chemicals is fairly common, large quantities of chemicals probably do not enter the body this way. Small amounts of chemicals may enter by dissolving in the liquid surrounding the eyes, and larger, but probably not significant amounts, may enter the eyes if they are splashed with chemicals. The eyes are richly supplied with blood vessels and many chemicals can penetrate the outer tissues and pass into the veins. The eye may or may not be damaged during this process, depending on the corrosive nature of the chemical and its ability to penetrate the outer tissues. For example, the organic solvent toluene can pass through the outer layers of the eye and probably enter the blood stream. During this process it can cause keratitis which is an inflammation of the outer layer of the eye.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

C. PROTECTION

Engineering controls and work procedures which prevent splashing are preferred.

Appropriate eye protection will prevent chemicals from entering the body by this route.

V. SUMMARY

Workplace chemicals cannot cause toxic effects without first entering the body. There are four main ways in which they may enter. Whether there is damage at the point of entry depends on the particular chemical. The most common entry route is through inhalation. Entry of chemicals through the skin is also a significant route. In some instances, workplace chemicals may enter through the digestive system. A small amount of workplace contamination may enter the body through the eyes, though this is not a major route. In all four routes of entry, chemicals can cross into the blood stream and be subsequently distributed anywhere around the body. In this way, they can attack and harm organs which are distant from the original point of entry, though, of course, they may also harm the organ (lung, skin, intestine or eye) through which they enter.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

VI. REFERENCES

1. TLVs Threshold limit values for chemical substances in the work environment adopted by ACGIH for 1984-85. Cincinnati, OH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1984

2. Schwope, A.D.; Costas, P.P.; Jackson, J.O.; Weitzman, D.J. Guidelines for the selection of chemical protective clothing. Cincinnati, OH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc., 1983

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

COMMENT LES MATIÈRES CHIMIQUES DU MILIEU DE TRAVAIL PÉNÈTRENT DANS L'ORGANISME

David M. Halton Ph.D.
Section des substances dangereuses

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

250 rue Main est
Hamilton Ontario
L8N 1H6

November 1985

P85-6F

COMMENT LES MATIÈRES CHIMIQUES DU MILIEU DE TRAVAIL PÉNÈTRENT DANS L'ORGANISME

NUMÉRO DU CCHST P85-6F

ISBN 0-660-91688-6

NUMÉRO DE CATALOGUE DSS CC273-2/85-6F

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

This publication is available
in both official languages.

Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail s'efforce de s'assurer que l'information qu'il distribue est exacte et exhaustive. Cependant il est entendu que le Centre ne se porte pas garant que ladite information est exacte et exhaustive et ne sera tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte subis par le demandeur par suite de l'utilisation d'une information inexacte ou incomplète.

Date de publication: 1985

Exemplaires supplémentaires disponibles sur demande.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E. /250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION - LES QUATRE VOIES D'ACCÈS **1**

I. LE SYSTÈME RESPIRATOIRE **2**
- A. Source et forme des matières chimiques 2
  - Les gaz et les vapeurs 2
  - Les buées 2
  - Les poussières, les vapeurs et la fumée 2
- B. Absorption par l'organisme 2
- C. Protection 4

II. LA PEAU **5**
- A. Source et forme des matières chimiques 5
- B. Absorption par l'organisme 5
- C. Protection 6

III. LE SYSTÈME DIGESTIF **7**
- A. Source et forme des matières chimiques 7
- B. Absorption par l'organisme 7
- C. Protection 8

IV. LES YEUX **8**
- A. Source et forme des matières chimiques 8
- B. Absorption par l'organisme 8
- C. Protection 8

V. RÉSUMÉ **9**

VI. RÉFÉRENCES **10**

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

INTRODUCTION - LES QUATRE VOIES D'ACCÈS

Ce n'est qu'une fois introduites dans l'organisme que les matières chimiques présentes en milieu de travail peuvent produire des effets nocifs. Ces matières chimiques s'introduisent dans l'organisme de quatre façons: la respiration, le contact avec la peau, l'absorption par le système digestif et le contact avec les yeux. La plupart des produits chimiques utilisés en milieu de travail peuvent se disperser dans l'air et être respirés, représentant un risque pour de nombreux travailleurs. Un nombre moins élevé de travailleurs est affecté par le contact avec la peau, car les employés ne travaillent pas tous avec des produits chimiques et les matières chimiques ne peuvent pas toutes pénétrer la peau. La pénétration par voie du système digestif et des yeux est encore moins répandue.

Dans un cas comme dans l'autre, les matières chimiques absorbées par l'organisme se communiquent au courant sanguin et sont par la suite distribuées à toutes les parties du corps. De cette façon, elles peuvent s'attaquer à des organes qui sont éloignés du point de contact original, mais elles peuvent aussi endommager les parties situées au point de contact initial.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.

I. LE SYSTÈME RESPIRATOIRE

A. SOURCE ET FORME DES MATIÈRES CHIMIQUES

Les gaz et les vapeurs. Les matières chimiques en milieu de travail se propagent dans l'air de différentes façons, la simple évaporation étant probablement la plus répandue. Les solvants organiques, tels que le toluène, la MEK et les alcools, s'évaporent généralement plus rapidement que l'eau et que les substances acides ou caustiques, bien que ce ne soit pas toujours le cas. L'évaporation produit des vapeurs. Ces vapeurs se composent de substances qui existent à l'état solide ou liquide à des températures et dans des conditions atmosphériques normales. Les substances qui n'existent pas à l'état solide ou liquide à des températures et dans des conditions atmosphériques normales s'appellent des gaz. Les gaz, tout comme les vapeurs, peuvent contaminer l'air du milieu de travail.

Les buées. Dans certains cas, un procédé industriel produira des gouttelettes si légères qu'elles peuvent flotter dans l'air. C'est ce qu'on appelle la buée. Les buées se forment lorsque des gaz se condensent dans l'air, se transformant en liquide sous forme de gouttelettes. Il arrive aussi que des buées se forment lorsqu'un liquide est pulvérisé, giclé ou vaporisé. On peut citer comme exemples les buées acides qui se forment dans l'électroplaquage, les buées huileuses produites au cours de la coupe et du meulage et les buées de peinture produites par la vaporisation.

Les poussières, les vapeurs et la fumée. D'autres activités reliées au travail peuvent produire des particules solides qui sont assez légères pour flotter dans l'air et qu'on appelle les poussières, les vapeurs et la fumée. Les poussières sont des particules solides souvent produites par l'abrasion ou par un autre procédé mécanique. Elles sont ordinairement assez lourdes pour se déposer lentement au sol. Les vapeurs sont des particules solides qui se forment lorsqu'un métal chauffé au point de s'évaporer dans l'air se condense et retrouve la forme solide. C'est ce qui se produit au cours du soudage. Les vapeurs sont assez fines pour rester en suspension dans l'air. Quant à la fumée produite par le feu, elle se compose de particules de suie ou de carbone qui pourront soit se déposer, soit rester dans l'air, selon leur taille.

Ces matières chimiques sous toutes leurs formes peuvent contaminer l'air en milieu de travail.

B. ABSORPTION PAR L'ORGANISME

L'air contaminé en milieu de travail peut être respiré et pénétrer ainsi dans les poumons en passant par le nez et par la bouche. En moyenne, on respire environ 12 fois à la minute. Chacune de ces douze respirations représente à peu près 500 ml d'air, ce qui revient à 6 litres d'air à la minute, avec tous les contaminants que cela comporte. Les gens qui font un travail physique vigoureux respirent plus profondément et aspirent donc plus de 6 litres d'air à la minute. Sur une durée de huit heures de travail, plus de 2 800 litres d'air passeront ainsi dans les poumons. Dans les cas où le travail physique est ardu, ce chiffre pourra s'élever à 10 000.

L'air qu'on respire par le nez (figure 1) est filtré par les poils des narines qui empêchent les particules les plus grosses de se rendre plus loin. La cavité nasale renferme des osselets et des cartilages qui impriment à l'air qu'on respire un mouvement rotatif. Ce tourbillon d'air peut introduire dans le nez de grosses particules contaminées qui sont retenues par la muqueuse humide.

CCOHS CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

1. os et cartilage du nez créant un tourbillon de l'air inspiré qui facilite le dépôt des grosses particules
2. bouche - dépourvue de système de filtration
3. langue
4. pharynx
5. oesophage - tube conduisant aux poumons
6. ouverture de la trachée
7. trachée - tube conduisant aux poumons
8. bronche
9. bronchiole
10. petits sacs à air (alvéoles) à l'extrémité de chaque ramification (bronchiole)

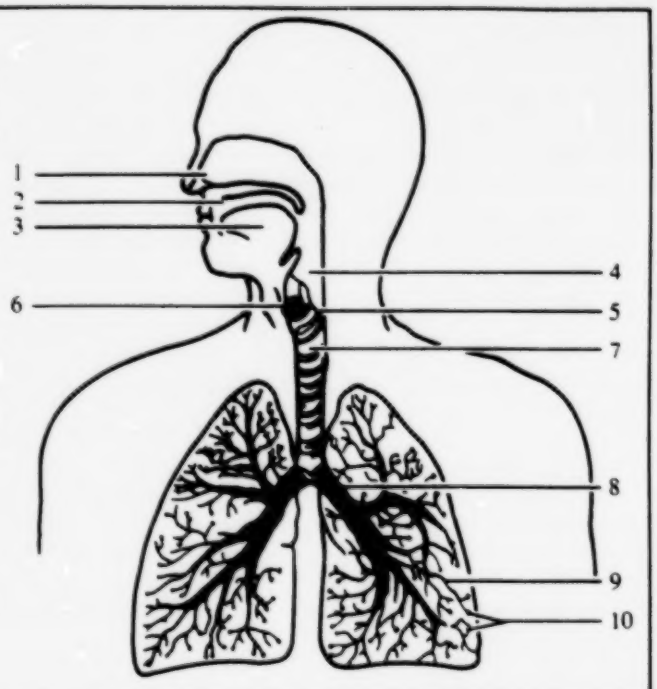


Figure 1. Trajet suivi par l'air contaminé qui pénètre les voies respiratoires.

L'air aspiré par le nez et par la bouche se rend au fond de la gorge, où il s'engage dans un conduit appelé le pharynx (figure 1). Le pharynx, qui se situe à l'entrée des voies respiratoires, se divise en deux tubes: l'un, appelé l'oesophage, conduit les aliments vers l'estomac; l'autre, appelé la trachée, descend vers les poumons. L'air contaminé s'engage dans la trachée, qui à son tour se divise en deux grands tubes appelés les bronches. Chaque bronche mène à un poumon, à l'intérieur duquel elle se divise en plusieurs ramifications qui se font de plus en plus fines à mesure qu'elles s'étendent, à la manière des branches d'un arbre. Enfin, les tubes les plus fins, appelés les bronchioles, se terminent par des petits sacs d'air aux parois très minces, appelés les alvéoles. Chaque poumon renferme des milliers de ces petits sacs (figure 2). Les parois des alvéoles sont très minces et très riches en vaisseaux sanguins minuscules appelés les capillaires. L'oxyde de carbone rejeté par l'organisme est transporté par le sang qui circule dans les veines. De là, il s'échappe à travers les parois des alvéoles pour enfin être éliminé avec l'air expiré.

1. bronchiole
2. air
3. paroi fine du sac à air (alvéole)
4. arrivée du sang dans la paroi de l'alvéole
5. particules de poussière insoluble logées dans l'alvéole

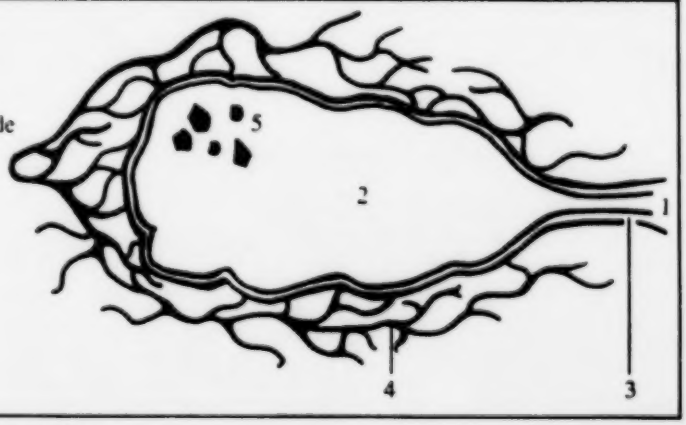


Figure 2. Schéma agrandi d'une alvéole (sac à air)

CCOHS·CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

L'oxygène contenu dans l'air qu'on respire traverse les parois des alvéoles pour être absorbé par le sang des vaisseaux capillaires. Une fois l'oxygène absorbé par le sang qui se trouve dans les veines, il peut être distribué à toutes les parties du corps. Les vapeurs, les gaz et les buées chimiques qui atteignent les alvéoles des poumons peuvent aussi être communiqués au sang et distribués dans tout l'organisme.

Il arrive parfois que la concentration de matières chimiques dans l'air qui parvient aux alvéoles soit moins élevée que dans l'air ambiant. C'est que les voies respiratoires sont enduites d'un liquide visqueux et épais, appelé le mucus, que de petits poils très fins, entraînent sans cesse à l'intérieur de ces voies vers le fond de la gorge. Dans certains cas, les gaz, les vapeurs et les buées se dissoudront partiellement dans le mucus avant de se rendre aux sacs alvéolaires.

Les particules solides et visibles qui se trouvent dans les poussières, les vapeurs et les fumées peuvent aussi être interceptées par le mucus. Celui-ci est entraîné par les poils minuscules de la muqueuse en direction de la gorge. De là, il sera soit éliminé par la bouche soit avalé et recueilli par l'estomac. Dans ce cas-ci, le contaminant chimique empruntera les mêmes voies qu'un breuvage ou qu'un aliment contaminé. Nous entrerons dans les détails à ce sujet dans la section traitant du système digestif.

Parfois, des particules beaucoup plus petites, si petites qu'elles ne sont pas visibles à l'oeil nu, ne sont pas arrêtées par la muqueuse de la trachée. Celles-ci se propageront alors dans toutes les branches des voies respiratoires pour enfin parvenir aux alvéoles. Certaines particules solides, ne pouvant pas traverser la paroi mince des alvéoles, resteront coincées sur place. Certaines pourront être dissoutes et d'autres seront attaquées et détruites par les cellules qui ont pour fonction de défendre l'organisme. D'autres encore, trop grosses ou trop insolubles pour être éliminées de cette manière, resteront simplement dans les alvéoles. Certaines de ces particules ne semblent présenter aucun danger tant qu'elles ne sont pas trop nombreuses, alors que d'autres abîment les parois alvéolaires qui les entourent. Il pourrait en résulter des dommages permanents, entraînant la cicatrisation et réduisant la capacité des poumons de transmettre l'oxygène au sang.

L'inhalation de certaines matières chimiques acides, caustiques ou organiques en quantités suffisantes peut causer des «brûlures» graves irréversibles dans la bouche, le nez, la trachée, les bronches et les poumons.

C. PROTECTION

La ventilation a pour but de diluer les contaminants ou de les éliminer à la source. Une ventilation appropriée réduira de façon importante la propagation de poussières, de vapeurs, de gaz et de tout autre contaminant dans l'air. Dans certains cas, il faudra isoler complètement le procédé industriel qui occasionne la contamination. Il est préférable de réduire le risque à sa source par des mesures d'ingénierie plutôt que d'utiliser de l'équipement de protection individuelle.

Les dispositifs de protection individuelle, tels que les appareils respiratoires qui recouvrent le nez et la bouche, contribuent à réduire la quantité de matières chimiques qu'on respire. Certains appareils respiratoires sont munis de cartouches qui absorbent les gaz, les buées et les vapeurs. Il existe différentes cartouches pouvant s'adapter aux appareils respiratoires dans le but d'absorber différentes substances, telles que les acides et les caustiques qui se trouvent dans l'air, ainsi que toute une variété de matières chimiques organiques.

Les filtres d'un masque à poussière approprié peuvent éliminer la fumée, les vapeurs et les poussières.

Pour éviter de respirer de l'air contaminé, on peut avoir recours à des appareils à adduction d'air qui s'alimentent à un cylindre porté au dos ou à une autre source. Il convient d'utiliser ces appareils lorsqu'il y a concentration élevée de gaz toxique ou asphyxiant.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E., 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

II. LA PEAU

A. SOURCE ET FORME DES MATIÈRES CHIMIQUES

C'est presque toujours sous forme de liquide que se présentent les matières chimiques qui pénètrent la peau. Les matières chimiques à l'état de solides, de gaz ou de vapeurs ne pénètrent ordinairement pas la peau à moins d'être d'abord dissoutes dans l'humidité qui se trouve à la surface de la peau.

B. ABSORPTION PAR L'ORGANISME

C'est en second lieu par la peau que l'organisme absorbe le plus souvent les matières chimiques présentes en milieu de travail. La peau se compose essentiellement de deux couches: une mince couche externe appelée l'épiderme et une couche inférieure beaucoup plus épaisse appelée le derme (figure 3). L'épiderme se compose de plusieurs couches de cellules plates et compactes qui forment une barrière contre l'infection, l'eau et certains produits chimiques. Cette barrière qui recouvre l'épiderme s'appelle la couche de kératine. Elle contribue largement à empêcher l'eau de pénétrer dans le corps et elle peut aussi résister à certains acides faibles, mais elle est beaucoup moins efficace contre les matières chimiques organiques et contre certaines matières inorganiques. La couche de kératine renferme des matières grasses ou de nature semblable qui sont très aptes à absorber les produits chimiques capables de dissoudre les graisses et les huiles.

1. épiderme - couche externe de la peau (fibres de kératine)
2. derme - couche interne de la peau
3. poil
4. coupure, griffe ou cellules dissoutes
5. conduit de la transpiration
6. glande de la transpiration (sudoripare)
7. tige de poil
8. irrigation sanguine (arrivée du sang)

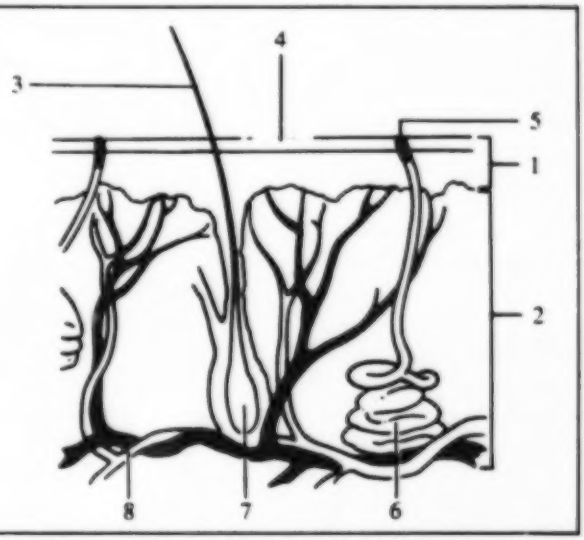


Figure 3. Schéma montrant comment les solutions chimiques traversent les différentes couches de la peau et pénètrent dans le sang

Les produits chimiques organiques et caustiques (alcalins) peuvent amollir la kératine et traverser cette couche pour se rendre jusqu'au derme et, de là, pénétrer dans les veines, puis se transmettre au courant sanguin. Les produits chimiques pénètrent plus facilement dans les parties du corps ayant le plus de poil, telles que l'avant-bras, puisqu'ils peuvent s'infiltrer par les canaux entourant les racines des poils. Les produits chimiques peuvent aussi pénétrer par les coupures, les perforations ou les égratignures qui représentent une rupture de la couche protectrice de la peau. Au contact de certains produits chimiques, tels que les détersifs ou les solvants organiques, la peau peut se dessécher ou se gercer. Il peut aussi se produire de l'urticaire, de l'ulcération ou de l'écaillement. Toutes ces lésions affaiblissent la couche protectrice de la peau et rendent cette dernière vulnérable aux matières chimiques.

CCOHS·CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Le pouvoir de pénétration varie énormément d'une matière chimique à l'autre. Certains solvants, tels que le trichloroéthylène, la naphtalène et le toluène peuvent amollir la couche de kératine mais ne semblent pas pénétrer beaucoup plus loin, à moins qu'il n'y ait contact prolongé avec la peau. D'autres produits chimiques, par contre, comme le benzène, le tétrachlorure de carbone, le bisulfure de carbone et le méthanol, pénètrent facilement l'épiderme pour être ensuite absorbés par le sang.

Dans certains cas, les produits chimiques peuvent être accidentellement injectés sous la peau. C'est ce qui se produit en milieu hospitalier ou industriel lorsqu'il s'agit d'effectuer des perforations ou des injections.

Une fois qu'ils se trouvent dans le courant sanguin, les produits chimiques peuvent parvenir à n'importe quel partie ou organe du corps où ils pourront exercer leurs effets.

Certains produits chimiques sont si corrosifs qu'ils brûlent des trous dans la peau, donnant ainsi prise à l'infection ou livrant passage à d'autres produits chimiques.

C. PROTECTION

Il est préférable d'adopter des mesures d'ingénierie visant à empêcher le contact avec la peau.

Les produits chimiques qui sont reconnus capables de pénétrer la peau et d'occasionner des malaises portent la mention «skin» dans le livret de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) traitant de la TLV* (1). On peut se procurer certaines crèmes protectrices à base d'huile ou de graisse en vue d'empêcher ou de réduire le contact de certains produits chimiques avec la peau. Ces crèmes n'offrent généralement qu'une protection très limitée et peuvent s'avérer inefficaces dans le cas de certains produits chimiques.

Le port de vêtements appropriés, tels que les gants, les tabliers, les bottes et ainsi de suite, s'avère souvent nécessaire dans le cas de procédés industriels faisant emploi de produits chimiques. Dans le cas de certaines opérations et de certains produits chimiques, il faudra s'isoler entièrement au moyen d'un vêtement protecteur monopièce. Le matériel qui résiste aux acides pourrait être fort différent de celui qui résiste aux substances caustiques ou à différents genres de dissolvants organiques. Il importe donc de s'assurer que les vêtements protecteurs sont confectionnés de produits qui résistent bien aux substances qui sont en cause (2).

*TLV: Threshold Limit Value (Seuil admissible d'exposition)

CCOHS/CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

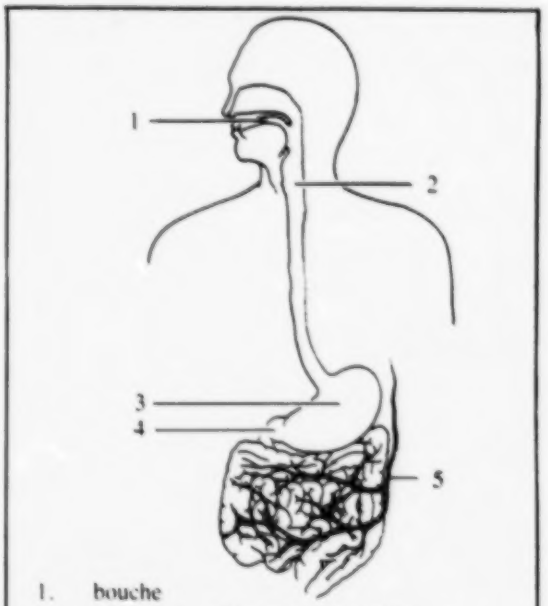
III. LE SYSTÈME DIGESTIF

A. SOURCE ET FORME DES MATIÈRES CHIMIQUES

Les matières chimiques sous toutes leurs formes peuvent être absorbées par le système digestif, qu'elles soient à l'état de gaz, de vapeurs, de buées, de poussières ou de fumée.

B. ABSORPTION PAR L'ORGANISME

Les matières chimiques peuvent s'introduire dans l'estomac lorsqu'on avale du mucus contaminé qui a été rejeté par les poumons ou encore lorsqu'on absorbe des boissons ou des aliments contaminés. Il arrive fréquemment que les aliments et les boissons se contaminent au contact des mains, des gants ou des vêtements qui n'ont pas été lavés, ou en étant laissés exposés sur les lieux de travail. Le risque de contamination est encore plus élevé chez ceux qui se rongent les ongles et qui fument.



1. bouche
2. oesophage - tube conduisant à l'estomac
3. estomac
4. intestin grêle
5. irrigation sanguine

Figure 4. Schéma montrant comment les produits chimiquent pénètrent dans le sang par le système digestif.

Une fois dans la bouche, les matières chimiques qu'on trouve en milieu de travail se communiquent à l'estomac en passant par l'oesophage (figure 4). L'estomac produit un acide fort qui est destiné à digérer les aliments. Certaines matières chimiques, telles que l'alcool, peuvent traverser les parois de l'estomac et pénétrer directement dans le courant sanguin, mais la plupart des produits chimiques quittent l'estomac pour s'engager dans un long tube enroulé qui s'appelle l'intestin grêle. L'intérieur de l'intestin grêle est recouvert de plusieurs centaines de petites saillies filiformes qui s'appellent les villosités (figure 5). Ces villosités ont les parois très minces et elles sont remplies de minuscules vaisseaux sanguins. C'est en traversant les parois des villosités que les aliments digérés pénètrent dans les veines. Le courant sanguin transporte alors les aliments vers les parties de l'organisme qui en ont besoin.

1. paroi de l'intestin
2. une villosité en forme de doigt
3. irrigation sanguine (arrivée du sang)
4. section transversale du tube par lequel passent les aliments et les produits contaminants

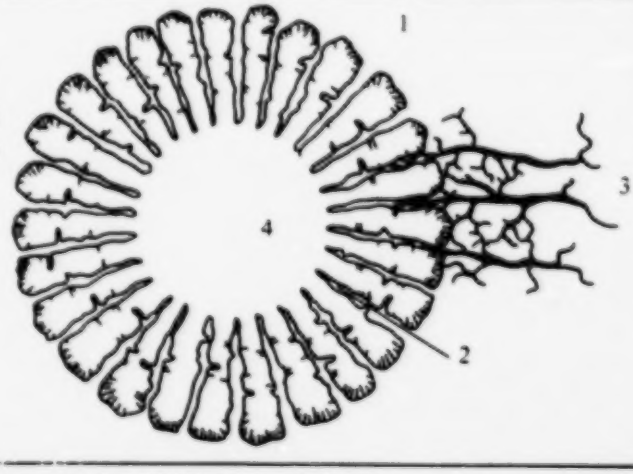


Figure 5. Coupe transversale de l'intestin grêle montrant les villosités et leur irrigation sanguine.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E. /250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Certaines matières chimiques ayant contaminé les aliments ou les boissons en milieu de travail peuvent de la même manière traverser les parois minces des villosités et s'introduire dans le courant sanguin. D'autres matières chimiques, n'étant pas solubles ou se composant de molécules trop grosses pour pénétrer les parois des villosités, resteront dans l'intestin et seront éliminées avec les selles sans laisser de trace dans le courant sanguin.

Certaines substances acides, caustiques et organiques peuvent causer des «brûlures» graves au système digestif si elles sont avalées sous une forme concentrée.

C. PROTECTION

Pour empêcher que les employés n'avalent des matières chimiques provenant du milieu de travail, il faut aménager un endroit à l'écart de l'atelier et de toute source de contamination où ils devront se rendre pour manger, boire ou fumer après avoir pris soin de bien se laver les mains en quittant leur lieu de travail.

IV. LES YEUX

A. SOURCE ET FORME DES MATIÈRES CHIMIQUES

Toute matière chimique, qu'elle soit à l'état de liquide, de poussière, de vapeur, de gaz, d'aérosol ou de buée, peut entrer en contact avec l'oeil et y pénétrer.

B. ABSORPTION PAR L'ORGANISME

Bien que les éclaboussures ou les contaminations de l'oeil en milieu de travail se produisent plutôt fréquemment, elles ne donnent probablement pas lieu à une absorption importante de matières chimiques. Les matières chimiques peuvent pénétrer dans l'oeil en petites quantités si elles sont dissoutes dans le liquide qui l'entoure. Une éclaboussure de produits chimiques pourra occasionner une absorption plus importante mais non pas critique. Les yeux sont riches en vaisseaux sanguins et plusieurs matières chimiques peuvent pénétrer leur couche externe pour s'introduire dans les veines. L'oeil ne sera pas nécessairement endommagé de cette manière. Tout dépend du pouvoir corrosif de la matière et de sa capacité de pénétrer la couche externe. Le solvant organique toluène, par exemple, peut traverser la couche externe de l'oeil et probablement s'introduire dans le courant sanguin. Ce faisant, il peut causer une kératite, c'est-à-dire une inflammation de la couche externe de l'oeil.

C. PROTECTION

On aura de préférence recours à des mesures d'ingénierie et à des procédés de travail visant à empêcher les éclaboussures.

Le port de l'équipement de protection des yeux approprié empêchera les matières chimiques de s'introduire dans l'organisme par l'oeil.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

V. RÉSUMÉ

Ce n'est qu'en étant absorbées par l'organisme que les matières chimiques peuvent occasionner des effects toxiques. Cette absorption peut se produire de quatre façons principales. Le point de contact initial pourra être endommagé ou non, selon la nature du produit chimique en question. Bien que la respiration constitue la voie d'absorption la plus fréquente, il arrive souvent que la peau absorbe, elle aussi, des quantités importantes de matières chimiques. Dans certains cas, les produits chimiques du milieu de travail sont absorbés par le système digestif. Il arrive parfois qu'une contamination de l'organisme en milieu de travail se produise par les yeux, mais il ne s'agit pas là d'un cas très répandu. Dans un cas comme dans l'autre, les matières chimiques peuvent se communiquer au courant sanguin pour être ensuite distribuées à toutes les parties de l'organisme. C'est ainsi qu'elles pourront s'attaquer à des organes qui sont éloignés du point de contact original, tout en risquant également d'abîmer les organes qui leur ont livré passage (les poumons, la peau, l'intestin, l'oeil).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

VI. RÉFÉRENCES

1. TLV. "Threshold Limit Values". Le seuil admissible d'exposition aux substances chimiques en milieu de travail tel qu'adopté par l'ACGIH en 1984-85. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1984.

2. Schwope, A.D.; Costas, P.P.; Jackson, J.O.; Weitzman, D.J. Guidelines for the selection of chemical protective clothing. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc., 1983.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E. 250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6